



A CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO DE ONDAS SONORAS POR MEIO DO CORPO HUMANO

THE CONTEXTUALIZATION OF THE EDUCATION OF SOUND WAVES BY MEANS OF THE HUMAN BODY

Cláudia Santos do Nascimento¹

Shirley Takeco Gobara²

¹UFMS/DFI/cfisicaufms@yahoo.com.br

²UFMS/DFI/gobara@dfi.ufms.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo relatar os resultados preliminares de um trabalho que investigou se os alunos são capazes de construir um modelo explicativo que descreva a produção do som pelo corpo humano. Trata-se de uma metodologia qualitativa em que os alunos são levados a manipular alguns objetos que emitem som, a observar seu próprio corpo e são solicitados a explicarem sobre o processo de emissão de som em cada situação proposta e usando essas atividades construir o conceito de som por meio de sua produção. A análise das respostas dos alunos sugere que houve uma evolução no modelo explicativo externado pelos alunos e que o modelo explicativo apresentado pela maioria dos alunos é coerente com o modelo científico para produção da voz. Concluímos que a atividade elaborada e contextualizada no corpo humano contribui para promover a aprendizagem significativa de conceitos introdutórios sobre ondas sonoras.

Palavras-chave: som, ondas sonoras, voz, aprendizagem.

Abstract

This article has as objective to tell the preliminary results of a work that investigated if the pupils are capable to construct a clarifying model that describes the production of the sound for the human body. One is about a qualitative methodology where the pupils are taken to manipulate some objects that emit sound, to observe its proper body and are requested to explain on the process of emission of sound in each situation proposal and using these activities to construct the concept of sound by means of its production. The analysis of the answers of the pupils suggests that it had an evolution in the clarifying model extern ado by the pupils and that the clarifying model presented by the majority of the pupils is coherent with the scientific model for production of the voice. We conclude that the activity elaborated and contextualized in the human body contributes to promote the significant learning of introductory concepts on sonorous waves.

Key-words: sound, sound waves, voices, learning.

APOIOS: FUNDECT/MS E UFMS

1. INTRODUÇÃO

A voz é um poderoso instrumento que não apenas transmite a mensagem como também acrescenta algo ao seu sentido. Através da comunicação, o homem transmite e interpreta sentimentos e pensamentos, assim como interage com outros indivíduos numa troca de informações e experiências. Mas o que é a voz? Como funciona o mecanismo gerador de nossa linguagem verbal? Qual a natureza do som que emitimos com tanta frequência? Estes são questionamentos que devem ser colocados aos alunos de forma a motivá-los à compreensão e ao estudo da anatomia do sistema fonatório e dos principais conceitos físicos envolvidos na produção da voz.

Os livros didáticos, em sua grande maioria, não discutem os fenômenos ondulatórios associados a produção da voz. E aqueles que o fazem, muitas vezes, trazem conceitos distorcidos e desvinculados de qualquer aplicação prática (Monteiro e Medeiros, 1998). O Ministério da Educação, por meio do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM), avaliou vários livros de física, mas somente seis foram aprovados e disponibilizados para serem adotados pelos professores de ensino médio das escolas públicas.

Dos seis livros aprovados, um (Gonçalves e Toscano, 2005) não trabalha o tema de ondas sonoras, nem mesmo os conceitos básicos de ondas. Dois (Sampaio e Calçada, 2005-1), (Sampaio e Calçada, 2005-2), trabalham o tema de ondas sem contextualizar com o corpo humano. Outros dois (Gaspar, 2008), (Penteado e Torres, 2005), contextualizam o ensino de ondas com o corpo humano, mas falam apenas da recepção do som e do funcionamento do ouvido. Somente um dos seis livros aprovados (Máximo e Alvarenga, 2005) traz os conceitos de produção da voz, e ainda assim de uma maneira superficial e com alguns equívocos.

Este artigo tem como objetivo relatar os resultados preliminares de um trabalho que tem como objetivo investigar se os alunos são capazes de construir um modelo explicativo, modelo mental no sentido de Johnson-Laird (1983), que descreva a produção do som pelo corpo humano e, portanto, serem capazes de explicar a produção da voz.

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

Os conceitos abordados nessa atividade tratam das definições de ondas sonoras e suas características, bem como fisiologia e biofísica do sistema fonatório.

2.1. Ondas Sonoras

Para discutirmos como se dá a emissão do som no sistema fonatório, bem como sua atuação na produção da fala, é necessário fazer um levantamento do que vem a ser o som e de suas características principais, para então estabelecermos uma relação com a emissão do som no corpo humano.

De acordo com a teoria ondulatória proposta e aceita pela comunidade científica atual, o som deve ser tratado como uma onda. Definimos como onda uma perturbação que se propaga transportando energia, sem envolver transporte de matéria. Ela pode ser classificada quanto a sua direção de vibração, natureza de vibração, e grau de liberdade para a propagação. Dizemos que o som é uma onda Mecânica, Longitudinal, Tridimensional e Periódica. Definiremos agora algumas classificações das ondas, destacando dentre elas as características que se atribuem às ondas sonoras.

Natureza de Vibração: Quanto à natureza de vibração, as ondas podem ser mecânicas ou eletromagnéticas. As ondas mecânicas precisam de um meio para se propagar. Ex.: Som, terremotos. Porém, as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio para se propagar e

possuem velocidade igual a 300.000 km/s no vácuo. Ex.: Raio X, Ondas de rádio, microondas, luz visível, etc .

Direção de Vibração: As ondas podem ser classificadas como transversais ou longitudinais. As ondas transversais são aquelas cuja direção de vibração é perpendicular a propagação da onda. Já as ondas ditas longitudinais, possuem a mesma direção de vibração da propagação da onda. Ex.: O Som.

Grau de Liberdade para a Propagação: As ondas podem se propagar em uma, duas ou três dimensões. Esta característica é utilizada para classificá-las quanto ao grau de liberdade para a propagação. Quando uma onda se propaga apenas em uma dimensão ela é classificada, quanto ao grau de liberdade de propagação, como unidimensional. Quando uma onda se propaga em duas dimensões, ela é classificada como bidimensional. Quando uma onda se propaga em três dimensões, ela é classificada como tridimensional. Este é o caso das ondas sonoras (Ferrado, 2001).

Uma onda correspondente a uma perturbação simples é denominada pulso. Uma sucessão regular de pulsos iguais produz uma onda periódica. As principais características de uma onda periódica são Período, Freqüência, Amplitude e Comprimento de onda. O Período (T) é o tempo de uma oscilação completa de qualquer ponto da onda; a Freqüência (f) é o número de vibrações em um ponto da corda por unidade de tempo; Amplitude (A) é o maior valor de alongação da onda e o Comprimento de onda (λ) é o menor distância entre dois pontos que tem sempre mesmo sentido de movimento (Halliday, 1991).

2.2. Anatomia do Sistema Fonatório

A voz é produzida por um conjunto de órgãos chamado sistema fonatório. Os principais órgãos que compõem este sistema são cavidades nasais, boca, faringe, laringe, pregas vocais, traquéia, brônquios, pulmões e diafragma (Guyton, 1986).

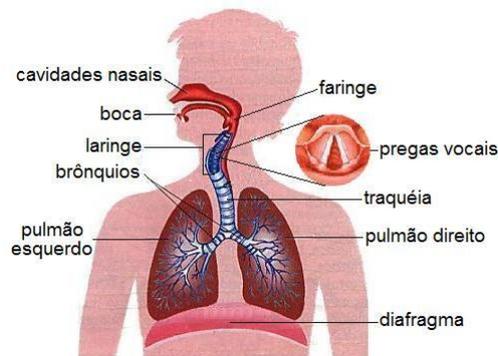


Figura 1 - Principais órgãos do Sistema Fonatório (Leal, 2009).

Para que a voz seja produzida, o ar que foi inspirado e está armazenado nos pulmões é expelido pelo músculo diafragma. Este ar expelido passa com uma grande pressão pela traquéia, e depois pela laringe, onde estão situadas as pregas vocais, que são duas dobras na parede da laringe constituídas por muitas pequenas tiras de músculos, controladas separadamente por fibras nervosas diferentes (Okuno, 1982).



Figura 2 - Laringe e Pregas vocais (Tomiyama, 2009).

As pregas vocais vibram entre si como resultado da passagem do fluxo de ar que é expirado dos pulmões com o auxílio do músculo diafragma, e esse padrão de vibração dá origem à voz (Costa, 1998).

3. REFERENCIAIS DIDÁTICO-METODOLÓGICOS

As referências didático-metodológicas a serem apresentadas embasaram a elaboração e realização desta atividade com materiais e as análises das respostas dos alunos que geraram os resultados a serem apresentados neste texto.

3.1. A Teoria Cognitivista de David Ausubel:

Uma das teorias relevante para nossa pesquisa é a Teoria Cognitivista de *David Ausubel* (Moreira, 1999). Ausubel tenta explicar o processo de cognição assumindo o desenvolvimento cognitivo ou evolução do conhecimento no aprendiz como um processo no qual o conhecimento em questão é construído sobre estruturas cognitivas previamente determinadas. Ele usa o termo *estrutura cognitiva* como sendo uma estrutura hierárquica de conceitos.

Para Ausubel, quando um conceito relaciona-se de forma efetiva com outros conceitos contidos na estrutura cognitiva do aluno, ocorre a chamada *aprendizagem significativa*. Estes outros conceitos já existentes na estrutura do aluno, necessários à aprendizagem, são chamados de *subsunçores*. Desta forma o novo conceito se ligará aos subsunçores e será incorporado a uma estrutura mais abrangente de conceitos.

Em nossa pesquisa buscaremos a promoção desta aprendizagem significativa elaborando uma atividade que possibilite a aprendizagem significativa dos conceitos relacionados aos fenômenos sonoros, em particular, a produção da voz humana.

3.2 A Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird:

Outro referencial que julgamos importante para a análise das produções dos alunos é a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. Modelos Mentais são representações internas de informações que correspondem ao mundo real. Apesar de fazerem uma representação que nem sempre é completamente fiel ao mundo real, estes modelos mentais são funcionais, ou seja, embora limitados, descrevem o mundo de forma satisfatória para o sujeito que os concebem.

A teoria de modelos mentais de Johnson-Laird (1983) diz que nossa habilidade em dar explicações está diretamente ligada à nossa compreensão daquilo que é explicado, e para compreender qualquer fenômeno ou estado de coisas, precisamos ter um modelo funcional dele. Estes modelos permitem ao sujeito compreender fenômenos e eventos. Alguns desses modelos são concebidos por meio de interações com o meio, com outras pessoas, e/ou pelas experiências sensoriais. Portanto, não existe um único modelo mental para um determinado estado de coisas.

As representações mentais podem existir na forma de representações proposicionais, modelos mentais e imagens. Representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, modelos mentais são análogos estruturais do mundo e imagens são correlatos perceptivos dos modelos sob um particular ponto de vista. (Johnson-Laird, 1983, p.165, In: Moreira e Lagreca 1999).

Outro conceito relevante é o de *modelo conceitual* que consiste em um modelo preciso, consistente e completo que é elaborado por pesquisadores e/ou grupos de interesses para facilitar a compreensão de sistemas físicos que são usados para determinados fins econômicos e/ou para o ensino. Os modelos mentais são modelos que as pessoas criam para explicar os fenômenos ou sistemas físicos. Esses modelos, em geral, têm validade restrita, não são precisos como o modelo

conceitual, mas devem ser funcionais. Estes modelos mentais são gerados por indivíduos ao serem solicitados para explicar um determinado fenômeno ou resolver um problema em que os modelos conceituais não foram assimilados. Assim, para identificar modelos mentais de outras pessoas é necessário compreendermos como estes modelos mentais são organizados na mente das pessoas.

Com a atividade proposta neste trabalho, buscaremos verificar a construção de modelos mentais pelos alunos sobre a produção da voz, após a interação com os objetos fornecidos a eles e na observação do próprio corpo.

3.3. A Pedagogia de Jerome Bruner – O Currículo em Espiral:

O terceiro referencial metodológico relevante para nossa pesquisa é o da pedagogia de Jerome S. Bruner (Bruner, 1966), em especial o conceito de Currículo em Espiral. De acordo com esse autor, o currículo deve organizar-se de forma espiral, isto é, trabalhar de forma periódica os mesmos conteúdos, cada vez com maior profundidade, para que o aluno continuamente modifique e amplie as suas representações mentais, os modelos mentais no sentido de (Johnson-Laird, 1983). Quando o aluno está acomodado com os conhecimentos adquiridos, cabe ao professor propor-lhe dúvidas, e uma das maneiras de se fazer isso é a proposição do currículo em espiral.

Com este conceito de currículo em espiral, Bruner afirma que se pode ensinar qualquer coisa para qualquer criança em qualquer estágio de desenvolvimento, pois o fundamental é a interação entre: criança, assunto e modo pelo qual ele é apresentado. Nessa concepção o aluno é colocado em uma situação ativa, encarado como o construtor de sua própria aprendizagem e situando o professor como elemento desafiador e não apenas como um fornecedor de respostas prontas.

Cada momento deve se identificar com o anterior, oferecendo outros níveis de profundidade. Os conteúdos se relacionam para manter uma coerência em todo o currículo nesta estrutura em espiral. A concepção das estratégias propostas por Bruner possui o grande mérito de superar uma concepção estritamente associacionista do pensamento e ainda de ressaltar a importância de uma série de fatores psicológicos necessários para a formação de conceitos.

Já existe na literatura uma pesquisa sobre a aprendizagem de ondas sonoras, na qual foi produzida uma atividade para alunos de nono ano do Ensino Fundamental, onde os alunos, ao serem submetidos a uma atividade semelhante a que está sendo proposta neste trabalho, foram capazes de construir um modelo explicativo sobre os fenômenos sonoros e produção da voz de acordo com um modelo explicativo adequado a esse nível (Gobara, Nascimento, 2007).

Este artigo apresenta os resultados preliminares de uma pesquisa de mestrado cujo objetivo é dar continuidade à investigação sobre a produção de metodologias para o ensino do som, agora para Ensino Médio, tendo como embasamento teórico o currículo em espiral, que visa um aprofundamento gradual dos conceitos para cada nível no qual ele é ministrado.

Assim sendo, buscamos investigar, por meio da elaboração de uma atividade para o nível médio, os modelos explicativos dos alunos desse nível, enfatizando conceitos que são mais elaborados que não são trabalhados no nível fundamental.

4. DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE E ANÁLISE DAS RESPOSTAS

Trata-se de uma pesquisa qualitativa exploratória do tipo estudo de caso, desenvolvida para verificarmos a eficácia de uma atividade proposta para alunos do segundo ano do ensino médio regular que aborda, por meio de uma atividade contextualizada, os conceitos relacionados às ondas sonoras: o que é necessário para que haja som e como é produzida a voz pelo sistema fonador.

Este artigo relata os resultados de uma pesquisa piloto, realizada para avaliar os materiais e meio propostos na atividade da pesquisa e a ocorrência da aprendizagem significativa sobre a produção da voz no corpo humano. Ela foi realizada com 13 alunos de uma escola da rede pública estadual do estado de Mato Grosso do Sul que haviam concluído a segunda série do ensino médio. A escolha desses alunos foi em função do currículo escolar, pois os conceitos de ondas sonoras devem ser abordados no final da segunda série do ensino médio.

A atividade foi elaborada em cinco etapas e os alunos participaram em duplas. Eles foram orientados, por meio de um roteiro estruturado, a manipularem alguns objetos que emitiam som, a observarem o próprio corpo no momento em que falavam e a descreverem como se dá a produção da voz pelo corpo humano.

4.1. Primeira Etapa - Introdução

Na primeira etapa, antes de manipular os objetos, os alunos responderam duas questões, sendo uma sobre anatomia e outra sobre a fisiologia da voz. O objetivo foi obter estes dados para compararmos posteriormente com as respostas dadas pelos alunos na última etapa da atividade e assim verificarmos se houve ou não uma evolução no modelo explicativo dos alunos.

Na questão sobre anatomia, os alunos demonstraram ter um bom conhecimento sobre o nome e a localização dos principais órgãos do sistema fonatório. Já na questão sobre fisiologia, as respostas foram, na sua grande maioria, incompletas e pouco elaboradas. Na tabela abaixo estão listadas as respostas dadas pelos alunos na questão sobre fisiologia, em que os alunos deveriam desenhar ou descrever como se dá o processo de produção da voz no corpo humano. Os alunos foram identificados pelo índice “A”, seguido de um número de identificação.

Relacionou a produção da voz com:	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
Movimento das pregas vocais			X	X	X	X	X	X	X	X			X
Produção de som				X	X	X	X	X		X			
Passagem de ar				X			X			X			
A fala		X									X	X	
Movimento do diafragma							X			X			
Não sabe	X												

Tabela 1 – Respostas dos alunos sobre fisiologia da voz antes da atividade.

De acordo com as respostas dadas, apenas os alunos A7 e A10 apresentaram uma resposta um pouco mais elaborada sobre produção da voz, mas mesmo assim ainda deixaram de citar órgãos importantes na produção da voz, tais como laringe, pulmões, cavidades nasais. O restante dos alunos não conseguiu explicar como a voz é produzida, atribuindo a produção da voz apenas ao movimento das pregas vocais e a produção do som, com exceção de A4 que percebeu a necessidade de passagem de ar pelas pregas vocais para que o som seja produzido.

4.2. Segunda Etapa – Observação dos Objetos

Na segunda etapa, os alunos manipularam e observaram alguns objetos que emitem som e descreveram como o som é produzido por estes objetos. O objetivo dessa etapa era fazer com que os alunos explicassem como os objetos emitem som e relacionassem a produção de som dos objetos com a produção da voz.

Os objetos analisados foram: elásticos de dinheiro presos em um cilindro; um apito de corneta; e uma garrafa pet, com três balões de borracha e um apito pequeno acoplados a ela, simulando o sistema fonatório. A imagem da figura 3 ilustra os materiais utilizados.



Figura 3 – Objetos utilizados na atividade.

4.2.1. Cilindro com elásticos de dinheiro

O primeiro objeto manipulado pelos alunos foi o cilindro com os elásticos de dinheiro. A manipulação deste material foi proposta com o objetivo de levar o aluno a perceber que para que um som seja produzido por um determinado material é necessário que algo perturbe este material fazendo com que ele vibre.

Com os dedos, os alunos perturbaram os elásticos de tal forma a fazê-las emitirem som. Depois eles pressionaram as laterais do cilindro deixando-o elíptico, de modo a provocar uma variação no comprimento dos elásticos, alterando a sua tensão e frequência de vibração. Em cada situação os alunos deveriam descrever e explicar o que estava acontecendo.

Todos os alunos descreveram que quando os elásticos são perturbados com os dedos, elas vibram emitindo som. A grande maioria dos alunos percebeu que quando as laterais do cilindro são pressionadas como indicado no roteiro por meio de uma figura, o som emitido pelos elásticos fica mais agudo. Apenas o aluno A2 não percebeu essa diferença. Os alunos A4, A8, A9 e A10 atribuíram a diferença entre os sons à variação da tensão nos elásticos, estabelecendo uma relação direta entre tensão em uma corda vibrante e sua frequência de vibração.

4.2.2. Apito

O segundo objeto manipulado foi um apito de corneta que possui uma palheta interna que pode ser visualizada no momento da emissão do som. A manipulação deste apito foi proposta com o objetivo de fazer com que o aluno perceba que para que o som seja produzido pela palheta, é necessário que passe ar pelo apito e que ela vibre. Ao final da atividade o aluno deverá ter condições de relacionar a passagem de ar pelo apito e a vibração da palheta com a passagem de ar pela laringe e com a vibração das pregas vocais.

Dos treze alunos que realizaram a atividade, sete descreveram corretamente a produção do som pelo apito, relatando que é necessário que o ar passe dentro do apito e que a palheta vibre para a produção do som. Apenas os alunos A2 e A3 não deixaram clara a necessidade de vibração da palheta, mas perceberam que para emitir o som é necessário que o ar passe pelo apito. Já os alunos A6, A8, A9, e A13 não enfatizaram a passagem de ar pelo apito como fator necessário para a emissão de som, mas perceberam que quando a palheta não vibra, não há emissão de som.

4.2.3. Garrafa Pet

O terceiro objeto utilizado na atividade é uma representação do sistema fonatório humano e consiste em uma garrafa pet cortada, com um apito pequeno fixado na tampa, dois balões de borracha presos no seu interior e um balão de borracha preso em sua base (ver figura 3). O apito

representa a laringe e as pregas vocais, a garrafa representa a caixa torácica, os balões internos representam os pulmões, e o balão externo representa o músculo diafragma.

A manipulação deste material foi proposta com o objetivo de fazer com que o aluno comparasse a produção de som no material com a produção de som no sistema fonatório. O aluno deverá ser capaz de observar as semelhanças no funcionamento dos dois sistemas e, posteriormente, na próxima etapa da atividade, estabelecer relações entre as partes que compõem o material e os órgãos do sistema fonatório.

Todos os alunos perceberam que quando puxaram o balão externo para baixo, os balões internos se encheram. O aluno A7 conseguiu já nesta etapa estabelecer uma relação clara entre os balões internos e os pulmões, e os balões externos e o diafragma. Como já foi dito acima, nós esperávamos que os alunos estabelecessem esta relação apenas na próxima etapa da atividade que consiste na observação do próprio corpo.

4.3. Terceira Etapa – Observação do Próprio Corpo

Nesta etapa os alunos foram instruídos a observar o próprio corpo no momento em que emitiam som e explicar o que eles estavam observando. O objetivo desta etapa foi fazer com que eles comparassem as observações feitas nos objetos com as observações feitas no corpo humano, relacionando as partes responsáveis pela produção de som e o processo de produção de som nos objetos com os principais órgãos que compõem o sistema fonatório e o mecanismo de produção de som no corpo humano que dá origem a voz.

As partes do corpo observadas pelos alunos foram a garganta e o abdome. Cada observação foi devidamente relatada por eles no roteiro, sempre de modo a estabelecer relações de semelhança com os objetos observados.

4.3.1. Garganta

A garganta foi a primeira parte do corpo selecionada para observação, pois é nela que se encontram as pregas vocais, responsáveis pela vibração que dá origem a voz. O objetivo desta observação foi fazer com que o aluno percebesse que assim como os elásticos de dinheiro que estavam presos no cilindro vibram e produzem som quando perturbados, na garganta também existe algo que vibra e produz som, que são as pregas vocais.

Todos os alunos perceberam que na garganta existe um padrão de vibração que não é encontrado nas outras partes do corpo, porém apenas os alunos A7, A8, A9, A10, A11, A12 e A13 atribuíram essa sensação de vibração à presença das pregas vocais na garganta. O restante dos alunos disse apenas que a vibração sentida na garganta era causada pela passagem do ar, com exceção de A1, que não respondeu a essa questão. A grande maioria dos alunos conseguiu estabelecer uma relação direta entre a função da palheta no apito e das pregas vocais na laringe. Apenas os alunos A1, A11 e A12 não deixaram clara essa relação, dizendo apenas que existia algo na garganta que tem a mesma função das palhetas na produção do som, mas sem citar as pregas vocais.

4.3.2. Abdome

A segunda parte do corpo observada pelos alunos foi o abdome, pois é nele que se encontra o músculo diafragma, um dos principais músculos do sistema fonatório, responsável pela entrada e saída de ar nos pulmões. O objetivo dessa observação foi levar o aluno a perceber que da mesma forma que, na garrafa, o balão externo expeliu o ar dos balões internos, fazendo com que o ar passasse pelo apito, o músculo diafragma também expelle ar dos pulmões, fazendo com que o ar passe pela laringe e faça vibrar as pregas vocais.

Com exceção de A6, todos os alunos conseguiram perceber o movimento realizado no abdome no momento em que falavam, e destes, com exceção de A1, todos atribuíram isso a passagem de ar no interior do corpo.

4.4. Quarta Etapa – Discussão

Após ter manipulado os objetos e observado o próprio corpo, esperava-se que o aluno fosse capaz de estabelecer relações entre as observações feitas nas duas etapas anteriores, de tal modo a listar semelhanças e construir modelos explicativos mais generalizados e elaborados para a produção do som em diferentes materiais e no sistema fonatório. Com este objetivo, propomos esta etapa da atividade, para tornar mais clara a semelhança nos processos de produção de som em cada um dos casos observados.

4.4.1. Cilindro com elásticos de dinheiro X Garganta

Para que os alunos estabelecessem relações entre as observações feitas no cilindro e as observações feitas na garganta, eles foram questionados sobre o que provocou o som e a vibração em cada uma das duas observações.

No caso do cilindro, a grande maioria conseguiu perceber que o movimento dos dedos que provocou a vibração dos elásticos e isso fez com que eles emitissem som. Apenas A1 não conseguiu estabelecer essa relação e disse apenas que o que havia produzido o movimento nos elásticos era a tensão, não deixando clara a idéia de que é necessário que algo perturbe os elásticos para que eles vibrem. Já na descrição das observações feitas na garganta, os alunos A2, A10, A11 e A12 disseram que o que provocou o som na garganta foi apenas a passagem do ar, sem citar as pregas vocais, externando o modelo explicativo do ar independente já identificado em pesquisa anterior (Gobara, Nascimento, 2005).

4.4.2. Apito X Pregas Vocais

O objetivo dessa parte é fazer com que os alunos percebam que assim como é necessário que a palheta vibre para que o apito emita som, também é necessário que as pregas vocais vibrem para que a voz seja produzida. Para isso, eles foram questionados sobre o que é necessário que aconteça com a palheta e com as pregas vocais para que haja a produção do som.

Com exceção de A10, todos os alunos perceberam que para que haja produção de som, é necessário que haja vibração. No caso de A10, ele apenas destacou a necessidade de passagem de ar, sem citar as pregas vocais ou a palheta do apito.

4.4.3. Garrafa Pet X Abdome

Esta parte foi proposta para levar os alunos a relacionarem o comportamento das bexigas internas da garrafa pet com o comportamento dos pulmões e o comportamento da bexiga externa com o do diafragma.

Os alunos A1, A4, A7, A10 e A11 fizeram a relação de maneira correta. Os alunos A2, A3, A9 e A13 relacionaram os balões internos com os pulmões, mas não relacionaram os balões externos com o diafragma. Já os alunos A5 e A6 relacionaram o funcionamento do diafragma com o do balão externo, mas não descreveram qualquer semelhança dos balões internos da garrafa com os pulmões. Apesar de estarem parcialmente corretos, eles conseguiram construir um modelo explicativo que apesar de incompleto, está coerente com o modelo conceitual. Ao contrário destes, o aluno A8 não estabeleceu uma relação correta entre as partes e o funcionamento do material fornecido com os órgãos e o funcionamento do sistema fonatório. Por fim, o aluno A12 respondeu corretamente, mas depois inverteu as respostas, respondendo incorretamente.

4.5. Quinta Etapa - Conclusão

Para encerramento da atividade, os alunos foram orientados a explicar novamente como se dava o processo de produção da voz, mas agora utilizando os conceitos adquiridos ou não com a realização da atividade. O objetivo dessa etapa foi verificar qual modelo explicativo os alunos construíram sobre o processo de produção da voz e comparar esse modelo explicativo com aquele externado no início da atividade para verificarmos se a atividade contribuiu ou não para a construção ou evolução de um modelo explicativo mais elaborado e coerente com o modelo científico. Estão listadas na tabela 2 os termos presentes nas respostas dadas pelos alunos na conclusão da atividade.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
Produção de som	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passagem de ar		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Laringe			X								X		
Faringe									X				
Movimento das pregas vocais			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Vibração			X	X	X		X	X	X		X	X	
Respiração				X									
Diafragma				X	X	X	X			X			
Pulmões						X	X		X				X
Pressão na boca								X					

Tabela 2 - Respostas dos alunos sobre fisiologia da voz depois da atividade.

De acordo com a tabela, apenas os alunos A1, A2 e A8 não externaram um modelo explicativo coerente com o científico. O restante dos alunos foi capaz de relacionar de maneira satisfatória as observações feitas nos objetos e relacioná-las com aquelas feitas no corpo humano, levando-os a construir um modelo explicativo completo e coerente com o científico.

Comparando as respostas dadas após a atividade com as respostas dadas antes, percebemos que, em geral, estas últimas são bem mais elaboradas e completas, ao contrário das primeiras, que se limitaram a descrever a produção da voz apenas com a passagem de ar pelas pregas vocais.

5. CONCLUSÃO

De posse das análises acima, podemos afirmar que antes da realização da atividade, os alunos possuíam modelos explicativos incompletos e limitados sobre o processo de produção da voz pelo corpo humano. A análise das respostas dos alunos após a atividade sugere que houve uma evolução no modelo explicativo externado pelos alunos tal que o modelo explicativo apresentado pela maioria dos alunos é coerente com o modelo científico para produção da voz pelo sistema fonatório.

Com base nestes dados, concluímos que a atividade elaborada contribuiu para promover a aprendizagem significativa de conceitos introdutórios sobre ondas sonoras, usando como recurso uma atividade de observação e manipulação de materiais com uma abordagem contextualizada no corpo humano.

6. REFERÊNCIAS

Bonjorno, José Roberto; Bonjorno, Regina A.; Bonjorno, Valter; Ramos, Clinton Márcico. *Física Fundamental*: volume único. São Paulo: FTD, 1999. 672 p.

Bruner, J. *Uma nova teoria da aprendizagem*. Rio de Janeiro: Bloch, 1966.

Borges, F. C. *Por trás da Fala*. Instituto Ciência Hoje. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/2231>> Acesso em: 04 de agosto de 2009. 2001.

Cruz, Daniel. *Ciência & Educação Ambiental*. Editora Ática. 2003.

Ferrado, Nicolau Gilberto; Penteado, Paulo Cesar Martins; Soares, Paulo Toledo; Torres, Carlos Magno. *Física ciência e tecnologia: volume único*. São Paulo, Moderna, 2001, 665p.

Gobara, S. T. Nascimento, C. S. *Uma introdução para o ensino de ondas sonoras*. In: Atas do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física - XVII SNEF – Maranhão. 2007.

Gobara, S. T. Nascimento, C. S. *De onde vem o som da voz?* In: Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - VI ENPEC – Bauru. 2005.

Guyton, A. C. *Tratado de Fisiologia Médica*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986

Halliday, D., Resnick, R. *Fundamentos de Física v.2*. Rio de Janeiro: LTC, 1991.

Instituto Ciência Hoje. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/2231>> Acesso em: 04 de agosto de 2009. 2001.

Johnson-Laird, P. N. *Mental Models*, Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

Leal, Ernesto. *Studio Mel*. Disponível em: <<http://www.studiomel.com/18.html>>. Acessado em 04 de agosto de 2009.

Monteiro, F.N; Medeiros, A. *Distorções conceituais dos atributos do som presentes nas sínteses dos textos didáticos: Aspectos físicos e fisiológicos*. IN. *Ciência e educação*. Bauru: Unesp, n. 2, v.5, 1998.

Moreira, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília. 1999.

Moreira M. A., Lagreca, M. C. B. Tipos de Representações Mentais Utilizadas por Estudantes de Física Geral na Área de Mecânica Clássica e Possíveis Modelos Mentais Nessa Área. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 21, no. 1, Março, 1999.

Okuno, E., Caldas, I. L., Chow, C. *Física para ciências biológicas e biomédicas*. São Paulo: Harbra, 1982.

Tomyama, Oswaldo. *Câncer de Laringe*. Saúde e Higiene Vocal. Disponível em: <<http://salamedica.com/cancer.php>> Acesso em: 04 de agosto de 2009. 2009.